

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-265520

(43)Date of publication of application : 28.09.1999

(51)Int.CI. G11B 7/135  
G11B 7/09  
G11B 7/12  
G11B 7/22  
G11B 21/21  
G11B 21/21

(21)Application number : 10-066489

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.03.1998

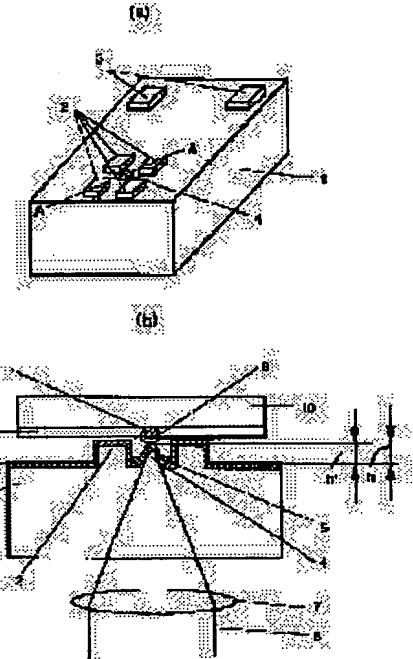
(72)Inventor : ITOU AKITOMO  
HOSAKA SUMIO  
MURANISHI MASARU  
NAKAMURA KIMIO

## (54) ADJACENT FIELD OPTICAL HEAD, WORKING METHOD THEREFOR AND OPTICAL RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized and light-weight adjacent field optical head in a simple constitution capable of increasing the relative speed of a recording medium and the optical head, and to provide an optical recording and reproducing device using the same.

**SOLUTION:** On a slider 1, pads 2 provided so as to control the contact or floating state of the slider 1 and an information recording medium 11 and a probe 4 for generating an adjacent field light 9 of a fine spot size are mounted adjacent to each other. A semiconductor laser beam converged by an objective lens is converted to an adjacent field light 9 of the fine size near the tip of the adjacent field light generation probe 4. The slider 1 floats from a recording medium substrate 10 by several 10 nm and travels, and information 12 is recorded and reproduced to/from the recording medium 11 formed on the substrate 10 by the adjacent field light 9. Thus, this small-sized optical recording and reproducing device in a simple constitution of a super high recording density and a high transfer speed is constituted.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-265520

(43)公開日 平成11年(1999)9月28日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 11 B 7/135  
7/09  
7/12  
7/22  
21/21

識別記号

F I  
G 11 B 7/135  
7/09  
7/12  
7/22  
21/21

Z  
D  
E

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-66489

(22)出願日 平成10年(1998)3月17日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 伊藤 順知  
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会  
社日立製作所基礎研究所内  
(72)発明者 保坂 純男  
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会  
社日立製作所基礎研究所内  
(72)発明者 村西 勝  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】近接場光ヘッド、近接場光ヘッドの加工方法および光記録再生装置

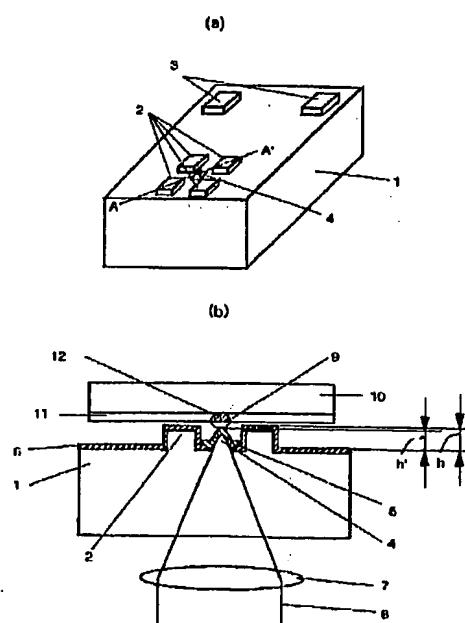
(57)【要約】

【課題】記録媒体と光ヘッドの相対速度を大きくでき、かつ小型、軽量で簡略な構成の、近接場光ヘッドおよびそれを用いた光記録再生装置を提供すること。

【解決手段】スライダ1の上に、スライダ1と情報記録媒体1-1の接触ないし浮上の状態を制御するために設けられたパッド2と、微小なスポットサイズの近接場光9を発生させるプローブ4が、近接して設けられる。対物レンズで集光された半導体レーザ光は、近接場光発生プローブ4の先端付近で微小なサイズの近接場光9に変換される。スライダは、記録媒体基板10より数10nm浮上して走行し、前記近接場光9により、基板10上に形成された記録媒体1-1への、情報1-2の記録、再生が行われる。

【効果】超高記録密度でかつ転送速度の大きい、小型かつ簡素な構成の光記録再生装置を構成できる。

図1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】情報記録媒体と接触しつつ、またはほぼ一定の間隔を保ちながら相対運動をする光学的に透明なスライダと、前記情報記録媒体と対向する前記スライダの面上に設けられ、前記スライダと前記情報記録媒体の接触または浮上の状態を制御する柱状のパッドと、微小なスポットサイズの近接場光を発生させる錐体形状のプローブと、を有し、前記パッドと前記プローブが近接して設けられていることを特徴とする近接場光ヘッド。

【請求項 2】前記プローブの高さが、前記パッドの高さより低いことを特徴とする請求項 1 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 3】前記プローブの上に光学的に不透明な薄膜が形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 4】前記光学的に不透明な薄膜が、金属であることを特徴とする請求項 3 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 5】前記パッドが前記プローブを囲むように配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 6】前記パッドが少なくとも複数の部分に分割されており、分割された部分の間隙を通して、前記プローブが鳥瞰されるように、前記パッドと前記プローブが配置されていることを特徴とする請求項 5 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 7】前記プローブの先端部分に、前記プローブの構成物が露出した開口をさらに有し、前記開口と前記金属薄膜の表面とがほぼ同一平面になっていることを特徴とする請求項 5 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 8】請求項 4 記載のプローブを加工する近接場光ヘッドの加工方法において、粒子ビームの照射によるエッティングにより錐体構造にプローブを加工することを特徴とする近接場光ヘッドの加工方法。

【請求項 9】請求項 4 記載のプローブを加工する近接場光ヘッドの加工方法において、前記薄膜に粒子ビームを照射しエッティングすることにより、開口を形成することを特徴とする近接場光ヘッドの加工方法。

【請求項 10】請求項 4 記載の近接場光ヘッドと、前記近接場光ヘッドへ照射光を提供する光源と、光記録媒体と、前記近接場光ヘッドにより発生された近接場光の記録媒体による変調信号を検出する受光手段とを有することを特徴とする光記録再生装置。

【請求項 11】請求項 10 記載の光記録再生装置において、前記プローブへの照射光を集光する手段、前記集光手段によって集光された照明光の焦点位置とプローブ位置のずれを検出する手段、および前記集光手段と前記プローブの相対位置を補正する可動機構を有することを特徴とする光記録再生装置。

【請求項 12】請求項 11 記載の光記録再生装置において、前記集光手段と前記プローブとの相対位置を補正す

2

る可動機構と前記集光手段とが、光情報記録再生装置を構成する他の構成要素から分離され、前記集光手段を記録媒体の所定の位置にアクセスさせる可動機構上に搭載されていることを特徴とする光記録再生装置。

【請求項 13】情報記録媒体と相対運動をする光学的に透明なスライダと、前記情報記録媒体と前記スライダとの間隔を制御するパッドと、近接場光を発生する錐体形状のプローブと、を有し、前記パッドと前記プローブは前記情報記録媒体と対向する前記スライダの面上に接近して設けられていることを特徴とする近接場光ヘッド。

【請求項 14】前記プローブの高さが、前記パッドの高さより低いことを特徴とする請求項 13 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 15】前記プローブの上に光学的に不透明な薄膜が形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 16】前記光学的に不透明な薄膜が、金属であることを特徴とする請求項 15 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 17】前記パッドが前記プローブを囲むように配置されていることを特徴とする請求項 16 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 18】前記パッドが少なくとも複数の部分に分割されており、分割された部分の間隙を通して、前記プローブが鳥瞰されるように、前記パッドと前記プローブが配置されていることを特徴とする請求項 17 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 19】前記プローブの先端部分に、前記プローブの構成物が露出した開口をさらに有し、前記開口と前記金属薄膜の表面とがほぼ同一平面になっていることを特徴とする請求項 17 記載の近接場光ヘッド。

【請求項 20】情報記録媒体と相対運動をする光学的に透明なスライダと、前記スライダと前記情報記録媒体との間隔を制御する柱状の複数のパッドと、微小なスポットサイズの近接場光を発生する錐体形状のプローブとを有し、前記プローブが前記パッドの間に位置するように前記パッドと前記プローブが前記情報記録媒体と対向する前記スライダの面上に設けられていることを特徴とする近接場光ヘッド。

【請求項 21】情報記録媒体と相互運動をする光学的に透明な物質からなるスライダと、前記スライダと前記情報記録媒体との間隔を制御するパッドと、レーザ光を前記プローブに集光するレンズと、前記レンズにより集光されたレーザ光により近接場光を発生する錐体形状のプローブと、前記プローブをコーティングする金属薄膜と、前記情報記録媒体に対向する前記パッドの面に形成された摩耗防止薄膜と、を有し、前記パッドは 4 つに分割され、分割されたパットの中央に前記プローブが設けられていることを特徴とする近接場光ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、近接場光ヘッド、近接場光ヘッドの加工方法、および光情報処理装置に関し、特に超高記録密度でかつ転送速度を大きくするのに適した近接場光ヘッド、近接場光ヘッドの加工方法、および光情報処理装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】光ディスク装置の高密度化を達成する方法として近年、近接場光を応用した光記録が注目されている。例えば、アプライド・フィジクス・レターズ、61巻、2号の142頁から144頁(Applied Physics Letters, Vol. 62, No. 2, pp. 142-144, 1992)に記載されているように、光ファイバの先端をコーン状に加工し、その先端の数10nmの領域以外を金属の被膜で覆ったプローブを作製し、これをピエゾ素子を用いた精密アクチュエータに搭載して位置を制御して、直径60nmの記録マークをプラチナ/コバルトの多層膜上に記録再生した例が報告されている。この例の場合、プローブと記録媒体の距離制御には、原子間力を応用したシア・フォース方式が用いられ、記録密度は45ギガビット/平方インチに達し、現状の約20倍とことができる。更に特開平3-171434号公報では、微小なピンホールにレンズで光を集め近接場光を発生するとともに、前記微細ピンホールを先端に形成したカンチレバーと記録媒体の間に発生する原子間力を用いて前記微小ピンホールと記録媒体の間の距離を制御する方法、および媒体の上に光源、レンズ、微小ピンホールを収納したスライダを配置し、スライダをエア浮上させ、微小ピンホールと記録媒体の間の距離を制御する方法が考案されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】光情報記録再生装置においては、情報の転送速度を大きくするため、記録媒体と情報を記録再生する光ヘッドの相対速度を大きくする必要がある。

【0004】しかし、プローブと記録媒体の距離制御に原子間力を応用したシア・フォース方式を応用した上記第一の従来例では、記録媒体と光ヘッド、すなわちファイバプローブとの距離をスキヤニング・フォース顕微鏡を用いて、極めて精密に制御する必要があるため、情報を記録したディスクを高速に回転した場合、ディスクの偏心によって生じる高い周波数の基板とプローブの距離の変動を制御しきれず、転送速度をあげることができないという問題がある。

【0005】また、カンチレバーを応用した従来例では、カンチレバーの変位の検出方法としてキャパシタンスの変化やレーザ干渉計測が用いられており、近接場を発生させる照射光学系とは別の大がかりな光学系ないしキャパシタンス測定系を必要とし、装置が大型化、複雑化するという問題があった。また、アプライド・フィジクス・レターズ、68巻、25号の3531頁から35

33頁(Applied Physics Letters, Vol. 68, No. 25, pp. 3531-3533, 1996)の例では、カンチレバーの変位の検出方法として、カンチレバーの背面にレーザ光を照射し、カンチレバーの変位をリニアフォトダイオード上の光点の移動に変換して検知する光てこ方式が用いられているが、この場合も、近接場を発生させる照射光学系とは別の大がかりな光学系を必要とし、装置が大型化、複雑化するという問題があった。

【0006】また、媒体の上に光源、レンズ、微小ピンホールを収納したスライダを配置する従来例では、スライダ上に光源、レンズなどの多くの光学部品が搭載されている。このため、スライダの質量が増加し、記録媒体の回転に伴う上下振動への追従性能が劣化し、装置の構築が不可能になってしまう。さらに、前記特開平3-171434号公報には、具体的なピンホール、レーザ光源、レンズの搭載、形成方法が開示されていない。

【0007】本発明の目的は、近接場光発生用プローブを応用した超高密度光記録再生速度の、情報の転送速度を大きくするため、記録媒体と情報を記録再生する光ヘッドの相対速度を大きくすることが可能で、かつ記録媒体と光ヘッドの距離を検出するための付加的な設備が不用の、小型、軽量で簡略な構成の近接場光ヘッド、およびそれを用いた光記録再生装置を提供することにある。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、以下の手段を採用した。

【0009】情報記録媒体と接触しつつ、もしくはほぼ一定の間隔を保って浮上しながら相対運動をする光学的に透明なスライダ上の、前記情報記録媒体と対向する面上に、前記スライダと前記情報記録媒体の接触ないし浮上の状態を制御するために設けられた円柱ないし角柱形状のパッドと、微小なスポットサイズの近接場光を発生させるプローブを近接して設け、さらに、前記パッドと前記プローブの、スライダの前記情報記録媒体と対向する面からの高さが略等しく、かつ前記プローブの前記情報記録媒体と対向する面からの高さが前記パッドの前記情報記録媒体と対向する面からの高さより小さくする。これにより、近接場ヘッドがスライダと一体形成され、従来の磁気ディスク装置で用いられているヘッドと同様の性能をもった、小型、軽量、簡略な構成の近接場光ヘッドが構成できる。また、スライダが小型、軽量となるため、記録媒体と情報を記録再生する光ヘッドの相対速度を大きくすることが可能となる。

【0010】さらに、前記近接場光ヘッドにおいて、前記パッドと前記プローブ上に光学的に不透明な薄膜、例えば金属薄膜を形成したり、さらにより、前記プローブの先端部分において、前記プローブを構成する物体が露出している構造を有し、かつ前記プローブの露出している部分の表面と、前記金属薄膜の表面とが、実質的に同

一平面になる微小開口を作製することにより、微小なサイズの近接場光を発生させることができるようとする。

【0011】さらに、前記近接場光ヘッドにおいて、前記パッド部を、前記プローブを囲むように配置し、さらにまた前記パッド部を少なくとも複数の部分に分割し、パッド側面より、分割された部分の間隙を通して、前記プローブを鳥瞰することができるよう配置することにより、側面から粒子ビームを照射しエッティングすることで、プローブ形状を任意の錐体構造に加工したり、微小開口を作製することを可能とする。

【0012】さらに、前記近接場光ヘッドと、前記近接場光ヘッドへの照明光を提供する光源と、光記録媒体と、前記近接場光ヘッドにより発生された近接場光の記録媒体による変調信号を検出する受光手段を用いて、超高密度の光記録再生装置を構成することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0014】図1は本発明の一実施例であり、図1(a)は本発明の近接場光ヘッドの斜視図、図1(b)は、図1(a)のAAにそった断面図である。

【0015】図1(a)において、1は光学的に透明な物質からなるスライダである。本実施例では、波長780nmの半導体レーザを光源とする場合について説明するので、スライダの材質は石英を選択したが、これに限定されるものではない。2から3はスライダと情報記録媒体11の浮上の状態を制御するために設けられたパッドである。本実施例では、スライダ底面に3つのパッドが設けられている。そのうちの一つのパッド2は、4つに分割されており、その中央に近接場光発生用の四角錐形のプローブ4が設けられている。プローブ4には、図1(b)に示されているように厚さ数10nmの金属薄膜5がコーティングされている。また、パッド2から3及びそれ以外のスライダの記録媒体に対向する面には、摩耗防止用の薄膜、例えばカーボン膜6が約10nm程度成膜されている。図1(b)において、7は半導体レーザ光8を近接場光発生用プローブ4に集光するための対物レンズである。集光された半導体レーザ光8は、近接場光発生プローブ4の先端付近で微小なサイズの近接場光9に変換される。スライダは、記録媒体基板10より数10nm浮上して走行し、前記近接場光9により、基板10上に形成された記録媒体11への、情報12の記録、再生が行われる。

【0016】ここで、プローブ5の高さhは、必ずパッド2の高さHより小さくされなければならない。図1(b)で示したように、スライダは記録媒体基板11より、わずか数10nm浮上して走行する。パッド2の上面は、スライダと記録媒体基板11との摺動面にあたる。このため、本ヘッドによる記録再生動作中に、スライダと記録媒体基板が接触する状況が発生した場合、パ

ッド上面が記録媒体基板と接触する。このとき、プローブ4の高さhがパッド2の高さHより大きいと、プローブ先端と記録媒体基板が接触し、プローブの摩耗を招く。これを防止するため、hはHより必ず小さくする必要がある。HをHより小さくするのみならず、Hとhの差も極めて小さくする必要がある。近接場光9の強度は、プローブ先端からの距離がプローブ先端のサイズ程度までは大きく変化しないが、プローブ先端からの距離がそれ以上に大きくなると、急激に減少することが知られている。本実施例の場合のプローブ先端のサイズは数10から100nmであり、もし、プローブと媒体の距離がそれ以上大きくなつた場合、近接場光10の強度が記録媒体11上で極めて小さくなってしまう。スライダは記録媒体表面から数10nm浮上して走行するため、もし、プローブと媒体の距離をプローブ先端のサイズ、すなわち数10から100nm以下に保つためには、Hとhをほぼ同じとし、スライダ走行時に、プローブ先端と記録媒体表面との距離も数10nm程度に保つ必要がある。このためにはHとhの差をnmオーダーで制御しなければならない。この点が、本近接場光ヘッド作製の大きなポイントであり、作製方法については、後で詳述する。

【0017】以上のような、近接場発生用プローブがスライダと一体形成された近接場光ヘッドを用いれば、従来の磁気ディスク装置で用いられているヘッドと同様の性能をもつた、小型、軽量、簡略な構成の近接場光ヘッドが構成できる。かつ、スライダが小型、軽量となるため、記録媒体と情報を記録再生する光ヘッドの相対速度を大きくでき、情報の転送速度を向上することが可能となる。

【0018】次に、本実施例で用いられている近接場光発生用プローブについて、図2から図6を用いて詳述する。

【0019】図2(a)は、図1で用いられていた四角錐形状のプローブの拡大図、図2(b)は三角柱状のプローブの拡大図である。また、図2(c)は、図2(a)において四角錐の頂点を通り底面の2つの辺の中点B、B'を通る面(半導体レーザ光8の偏光方向と平行)、および図2(b)において、三角柱の3つの辺の中点C、C'、C'を通る面(半導体レーザ光8の偏光方向と平行)における断面図をあらわしている。

【0020】図2(a)において、例えば、プローブ4が石英で形成されている場合、プローブ4上に形成されている金属薄膜5は、様々な種類のものが選択可能である。ただし、金属の種類と、図2(c)で示された四角錐の頂角の半角θの間に、ある特定の関係がある場合、高い効率が得られる。半導体レーザ光8は、プローブ4の先端付近に集光されており、その波面はほぼ平面とみなせる。この場合、上記の角θと金属の種類を適当に組み合わせると、金属薄膜5内に表面プラズマ波16が励振される。表面プラズマ波は数十nmの薄い金属膜の中

でも伝播可能であり、表面プラズマ波に変換された半導体レーザ光は効率よくプローブ先端まで伝播し、高い効率で近接場光9を発生せしめることができる。例えば、プローブとして石英を用いると、金属としてアルミニウムを用いる場合 $\theta$ は約42度、金を用いる場合 $\theta$ は約44度、銀を用いる場合 $\theta$ は約44度とする。図2(b)では、プローブ13の形状が三角柱であるため、プローブ先端付近に集められた光は断面CCCに平行な面内のみで集光される。ことため、図2(a)の場合とことなり、線状の近接場光15が発生する。図2(b)のような形状の場合も、その頂角の半角 $\theta$ と金属14の種類の関係を、上記で説明したのと同様に設定すれば、高い効率を得られる。

【0021】プローブ4、13のサイズは特に限定されるものではないが、作製が容易であること、また、例えば、波長780nmのレーザ光8を、開口数0.6の対物レンズ7で集光した場合、その集光スポットが約1.3μmであることを考慮し、すべてのレーザ光が有効にプローブに集光されることを考えると、例えば、図2(a)の場合は四角錐底面の正方形の一辺を3から4μmとするのが望ましい。また、図2(b)の場合は、断面CCCに平行な2辺の長さは3から4μm程度とすることが望ましいが、断面CCCと垂直な2辺は、近接場光15のスポットサイズによって様々な値を選択する。

【0022】図3は、プローブ17が円錐形状の場合の例である。この場合も円錐の頂角の半角 $\theta$ とプローブ上に成膜される金属18の種類の関係が、上記のような特定の条件を満足すれば、高い効率で近接場光10を発生することが可能である。

【0023】図4は、近接場光発生用プローブの別の例である。図4(a)は、図2(a)で示された四角錐形状のプローブ5の先端部分が切除されたプローブ、図4(b)は図2(b)で示された三角柱形状13の先端部分が切除されたプローブ、図4(c)は、図4(a)において四角錐台の上面の四角形の二辺の中点D、Dおよび下面の四角形の二辺の中点D、Dの4点を通る面(半導体レーザ光8の偏光方向と平行)、および図4(b)において、プローブ上面の上面の四角形の二辺の中点E、Eおよび下面の四角形の二辺の中点E、Eの4点を通る面(半導体レーザ光8の偏光方向と平行)における断面図をあらわしている。

【0024】図4(a)において、プローブ19は四角錐の先端が切除され、開口21が形成されている。開口が形成されているプローブにおいては、プローブ表面に形成された光学的に不透明な薄膜20、例えば金属膜が、対物レンズで集光された半導体レーザ光8の遮光膜として用いられる。この場合、記録再生に用いられる近接場光22のサイズは、開口21の大きさdに金属膜への光のしみこみ深さを加えたものになる。後で詳述する加工法を用いると、最小で大きさ約20nmの開口が形成で

きる。遮光用の金属としては金、銀、白金、アルミニウム、クロムなどさまざまの金属が用いられる。これらの金属への波長780nmの光のしみこみ深さは、典型的には10から20nmであり、以上から、最小約40nmの近接場光スポットが形成可能である。図4(b)では、プローブ23の形状が三角柱であり、開口25の形状も細長い長方形であるため、線状の近接場光26が発生する。この場合、断面EEEE内の近接場光のサイズは、図4(a)の場合と同じであるが、断面EEEEと垂直方向のサイズは、長方形の長い方の辺の長さを選択することにより、自由に選択可能である。

【0025】図4(c)で示されたプローブの頂角 $\phi$ の値は、ほぼ30から60度程度とすると、高い透過効率のプローブが得られる。 $\phi$ が小さすぎると、プローブのテーパ部分の長さが大きくなる。一般に空間を伝播する光は、光の波長程度の大きさより小さい領域では伝播することができず、図4(c)の例では、多くの光パワーが金属膜20ないし24に吸収されてしまう。このため、透過効率が小さくなる。一方 $\phi$ が大きくなりすぎると、ほとんどの光はプローブから反射されてしまう。したがって、 $\phi$ の値は、金属膜への光の漏れ出しを抑え、かつ反射を押さえるため、上記の適当な値の範囲にすることが望ましい。

【0026】プローブ19、23のサイズは特に限定されるものではないが、作製が容易であること、また、例えば、波長780nmのレーザ光8を、開口数0.6の対物レンズ7で集光した場合、その集光スポットが約1.3μmであることを考慮し、すべてのレーザ光が有効にプローブに集光されることを考えると、例えば、図4(a)の場合は四角錐底面の正方形の一辺を3から4μmとするのが望ましい。また、図4(b)の場合は、断面EEEEに平行な2辺の長さは3から4μm程度とすることが望ましいが、断面EEEEと垂直な2辺は、上記で述べたように、近接場光26のスポットサイズによって様々な値を選択する。

【0027】図5は、プローブ27が円錐形状であり、かつ頂点近傍が切除され、円形の開口29が形成されている場合の例である。この場合においても、近接場光30のサイズは、開口29の大きさに遮光膜28への光のしみこみ深さを加えたものとなり、最小40nm程度のサイズとすることが可能である。また、円錐の頂角の半角 $\phi$ の大きさは、前述した図4(c)の場合と同様、30から60度程度とすると、高い透過効率を得ることができる。

【0028】プローブ19、23、27のような開口を有するプローブの場合、さらなる高い透過効率を得る研究が、光ファイバを化学エッティングして作製されたプローブに関して行われている。例えば、アラクド・フィジクス・レターズ、第69巻、19号の2612頁から2614頁(Applied Physics Letters, Vol.69, No.19,

pp. 2612-2614, 1996)には、図6 (b)のごとく、プローブ3 1の頂角を2段階に変え、根元の部分の頂角は小さく、先端の部分の頂角は大きくすることで、金属膜3 2への光の漏れ出しを抑え、かつプローブ3 1からの反射を押さえ、透過効率の高いプローブを得ることができる事が記載されている。本発明においても、後述する加工法を用いれば、容易に図6 (b)のような、透過効率の高いプローブを得ることができる。また、アプライド・フィジクス・レターズ、第71巻、13号の1756頁から1758頁(Applied physics Letters, Vol. 71, No. 13, pp. 1756-1758, 1997)には、図6 (c)のごとく、プローブ3 5の形状を、プローブの中心線に対して非対称にし、表面プラズマ波を励振することによって、透過効率の高いプローブを得ることができることが記載されている。本発明においても、後述する加工法を用いれば、容易に図6 (c)のような、透過効率の高いプローブを得ることができる。

【0029】図7は、接触型スライダを応用した本発明の第二の実施例である。図7(a)は本実施例の近接場光ヘッドの斜視図、図7 (b)は、図7(a)のFFにそった断面図である。

【0030】図7 (a)において、光学的に透明な物質からなるスライダ1上には、スライダ1と情報記録媒体1 1の接触状態を制御するために設けられたパッド2が設けられている。図1の実施例では、スライダ底面に3つのパッドが設けられていたが、本実施例では、4つに分割されたパッド2のみが設けられている。パッド2の中央に近接場光発生用の四角錐形のプローブ4が設けられている。プローブ4には、図7 (b)に示されているように厚さ数10nmの金属薄膜5がコーティングされている。また、パッド2及びそれ以外のスライダの記録媒体に対向する面には、摩耗防止用の薄膜、例えばカーボン膜6が約10nm程度成膜されている。図7 (b)では、金属薄膜5と摩耗防止用の薄膜6として別々の材料を用いる例を示したが、耐摩耗性と、開口がない図2から3の項で述べたプローブの場合は表面プラズマ波の励振特性と、また開口を有する図4から6の項で述べたからプローブの場合は遮光特性の両方を満足できる材料、例えばクロム膜で、スライダ底面およびプローブ表面を覆うことも可能である。そうすれば、作製プロセスは一層容易になる。記録媒体表面には、摩耗防止用のカーボン膜3 9が数nm成膜され、その上に高分子の潤滑剤がやはり数nm塗布されている。このカーボン膜と潤滑剤により、記録媒体1 1の耐摩耗性が向上させられている。スライダ1は、記録媒体基板1 0に接触しながら走行し、前記近接場光9により、基板1 0上に形成された記録媒体1 1への、情報1 2の記録、再生が行われる。

【0031】図8は、浮上型スライダを用いた本発明の第三の実施例である。図8 (a)は本実施例の近接場光ヘ

ッドの斜視図、図8 (b)は、図8 (a)のGGにそった断面図である。

【0032】図8 (a)において、光学的に透明な物質からなるスライダ1上に、スライダと情報記録媒体1 1の浮上の状態を制御するために設けられたパッド2、3が設けられている。本実施例では、スライダ底面に3つのパッドが設けられている。そのうちの一つのパッド2は、4つに分割されており、その中央に近接場光発生用の四角錐形のプローブ4が設けられている。本実施例においては、パッド2に設けられた4つの分割された小パッドの高さは、パッド2全体およびパッド3のスライダ底面からの高さより小さく設計されている。このようにすることにより、プローブ4のサイズの如何によらず、自由にスライダ底面からパッド上面までの高さを設計することができる。これにより、スライダの浮上量を、任意に設定することができる。また、パッド2に設けられた4つの分割された小パッドの高さは、実施例1と同じように、プローブ4の高さより僅かに高く設定する。スライダの浮上量を考慮することなく、プローブの形状、20 サイズに応じて自由に小パッドの高さが設定できるので、プローブ作製の自由度が大きくなる。

【0033】上記実施例2および3では、プローブとして、図2 (a)の形状のものを例にとって説明したが、図2から図6に示された、その他のすべてのプローブ形状に関しても、全く同様に実施例2および3のスライダ形状が適用できる。

【0034】図9および図10は、図1から図8に示された、近接場光ヘッドの作製工程を示した図である。

【0035】まず、図9 (a)のように、基板1上に、フォトレジスト4 0を塗布、露光、現像して、パッド2、3、およびプローブ4を作製する部分のみをマスクとして残す。次に、図9 (b)のように、図9 (a)で形成されたマスクパターンを、例えばアルゴンガスを用いたドライエッティングにより、基板1へ転写する。次に、図9 (c)のように、フォトレジスト4 0を除去した後、スライダ底面およびパッド面を保護する保護膜6を、スパッタリング法などにより成膜する。次に、図9 (d)のように、集束イオンビーム(Focused Ion Beam:以下FIBと略称する)4 1を用いたエッティングにより、プローブを所定の形に加工する。FIB加工においては、例えばガリウムイオンを用いる場合、加速電圧を数十kV、ビーム電流を数10pA程度とする。このときのFIB 4 1の集束位置におけるビームサイズは、数10nmであり、本発明のプローブを作製するのに十分の分解能である。FIB加工においては、加工すべきサンプルにイオンを照射しながら、放出する2次電子像を取り、得られた2次電子像を見ながら、自由にイオンを照射する位置を制御することができるので、多様な加工が、短時間で、かつ容易に行うことができる。上記プローブの加工では、まず基板の一側面から、パッド2の間

11

を通してイオンをプローブへ加工すべき中央の突起へ照射しながらエッティングを行う。これにより、中央の突起の形は直方体から、三角柱の形状に加工される。プローブ13や23を作製する場合は、これで加工が終わりである。プローブ4など、四角錐形状のプローブを作製する場合は、基板をプローブの中心軸に平行な軸のまわりで90度回転させ、最初のエッティングの際のビームの方向と90度をなす方向から、再びパッド2の間を通してイオンを照射しながら、エッティングを行い、最終的に錐体の形状に加工する。この際の全加工時間は基板の材質にもよるが、10分程度である。このような、基板側面からのFIB加工を応用してプローブを作製することにより、パッドの高さとプローブの高さはおおむね等しく、かつプローブの高さがパッドの高さより僅かに小さく加工できる。FIB加工の後、図9(e)のように、パッドおよびその他のスライダ底面をフォトレジスト40で覆い、プローブのまわりのみを露出させ、プローブ上に金属膜5を成膜する。最後にリフトオフ法により、パッドおよびその他のスライダ底面上に成膜された金属を除去し、図9(f)のような、近接場光ヘッドの作製を完了する。

【0036】さらに、図4から6で示された開口を有するプローブを作製する場合は、図10のように、完成した図9(f)の状態のプローブに、再度側面からFIB41を照射し、先端部分を切除する。開口の大きさの大小は、図10に示した切りこみ量を制御することにより、自由に変えることができる。また、本方法によれば、図10に示したごとく、切除されたプローブの先端は平坦となり、その高さはパッドの高さを越えることがない。したがって、プローブ先端が記録媒体11と衝突して破損することがなく、信頼性を高めることができ。また、図6(b)、(c)に示された特殊な形状のプローブを作製する場合は、図9(d)のFIB加工の際に、形状に応じてビーム位置を制御しながらエッティングを行う。このように、任意のプローブ形状を短い加工時間で形成できることが、FIBを用いた本加工法の大きな効果である。

【0037】図11は、本発明の近接場光ヘッドを応用了した光記録再生装置の斜視図である。記録媒体基板10および記録媒体膜11からなるディスク43は、ベース42に固定されたスピンドルモータに連結された軸44に取り付けられて回転する。この回転運動により図2から8のいずれかの近接場光ヘッドを搭載したスライダ1に対し、相対運動をする。スライダ1の位置決めを行うアクチュエータ49も、ベース42に固定されおり、その可動部48には、アーム50およびサスペンション52が取り付けられている。可動部48は、その中心軸の周りを回転し、サスペンション52の先端に取り付けられたスライダを、ディスク43の半径方向に移動させる。さらに、トラッキングピッチが小さいディスクを用

12

いる場合には、アーム50の先端部に、アクチュエータ49より、さらに微細な位置決めを可能とするアクチュエータ51を取り付ける。ベース42に固定されたインターフェース45には、コネクタ46が接続され、コネクタ46に接続されたケーブルを通して、本装置を駆動するための電源の供給、装置に対する記録再生命令、記録情報の入力、再生情報の出力をう。近接場光ヘッドへのレーザ光の供給、および記録情報の検出、スライダのトラックからの位置ずれ情報の検出、および対物レンズとスライダの位置ずれの検出は、詳細は図12で説明するが、ベースに固定された光学ヘッド53を用いて行われる。スライダの直下には、ガルバノミラー、対物レンズ、および対物レンズを移動させるアクチュエータを搭載した可動部分54が設置されている。図11には陽には記載されていないが、可動部分54は、可動部分全体を移動させるアクチュエータにより、ディスク43の半径方向に、スライダ1に追従して移動させられる。

【0038】次に、図12を用いて、上記光ヘッド53、および可動部分54の動作について詳細に説明する。半導体レーザ55によって発生されたレーザ光は、コリメートレンズ56により平行ビームに変えられたのち、ビームスプリッタ57を通過し、ガルバノミラー58で方向を変えられる。ガルバノミラー58で方向を変えられたレーザ光は、プローブ4上に対物レンズ7によって集光され、近接場光が発生させられ、ディスク43上に形成された記録媒体への記録、再生が行われる。以下、プローブとして図2(a)に示されたプローブ4(およびそれを搭載するスライダ1)を例にとって説明するが、図2から図8に記載されたどのプローブ(およびそれを搭載するスライダ)を用いても、以下の内容は全く同じである。記録媒体の情報により強度を変調されたレーザ光は、対物レンズ7を通り、ガルバノミラー58で再び方向を変えられ、ビームスプリッタ57で反射し、検出系に導かれる。検出系では、読み出し信号の検出、および対物レンズ7によって集光されたレーザ光の焦点とプローブ4の光軸方向の位置ずれの検出と、光軸と垂直方向の位置ずれの検出が行われる。光軸と垂直方向のレーザ光焦点とプローブ4の位置ずれは、レンズ60により集光され、ビームスプリッタ61によ分割されたレーザ光を、一方向のみに集光するレンズ、例えばシリンドリカルレンズ63により4分割光検出器64上へ集光し、いわゆる非点収差法と呼ばれる焦点誤差検出方式を用いて行う。レーザ光の焦点とプローブ4の光軸と垂直方向のずれの検出は、4分割光検出器62により以下のように行う。レーザ光の焦点が、プローブ4とディスク43の半径方向に位置ずれすると、4分割光検出器の検出器Aと検出器Cの和信号と、検出器Bと検出器Dの和信号にアンバランスが生じる。したがってこれらの和信号の差を用いれば、位置ずれを検出できる。一方、レーザ光の焦点が、プローブ4とディスク43の周方向にず

13

れると、4分割光検出器の検出器Aと検出器Bの和信号と、検出器Cと検出器Dの和信号にアンバランスが生じる。したがってこれらの和信号の差を用いれば、位置ずれを検出できる。これらの位置ずれ信号を用い、例えば、対物レンズの周りに取り付けられた2次元アクチュエータ59によりレーザ光の焦点とプローブ4の光軸方向の位置ずれおよびディスク43の周方向の位置ずれを、ガルバノミラー58に取り付けられたミラー58の傾きを移動させるアクチュエータにより、レーザ光の焦点とプローブ4のディスク43の半径方向の位置ずれを補正することにより、つねに対物レンズの焦点をプローブ4に合わせ、効率よく近接場光を発生せしめることができる。最後に、記録情報の再生は、例えば、ディスク上に形成された記録媒体として、いわゆる相変化型の記録媒体や再生専用の凹凸記録媒体を用いる場合は、2つの4分割検出器62、64のすべての検出器の和信号の強度を用いて行う。

【0039】次に、本発明における位置決め、サーボ技術について図13を用いて説明する。図13において、65から71は、ディスク上に設けられた多くの情報トラックのうちの7本を示している。72は、トラック番号を識別するアドレスマーク群であり、トラック毎に異なっており、このマークによってプローブ4がどのトラック上に位置するかを検知する。各トラックには、ウォブルマーク73とクロックマーク74が設けられている。情報の記録再生の際、プローブ4は図13において、図の下から上に移動する。プローブ4は、クロックマーク74を通りクロックが作成された後、ウォブルマーク73上を通過する。もしプローブの位置がトラック中心からはずれていた場合、連続した2つのウォブルマークからの信号にアンバランスが生じ、これらの信号の差をとってトラッキング誤差信号とする。この誤差信号に応じてアクチュエータ49（もし取り付けられていればアクチュエータ51も）を駆動し、プローブ4をトラック中心に位置合わせする。対物レンズ7は、前述のように常にプローブ4上にレーザ光の焦点が位置するように動作するので、レーザ光の焦点も上記のサーボ動作に追従してサーボされる。プローブ4は、ウォブルマーク73の上を通過した後、アドレスマーク72上を通過し、情報を記録する記録部75上へ入り、情報の記録再生が行われる。

【0040】次に、プローブ4を目的のトラックまで移動させるシーク動作について述べる。シーク動作においては、図1のシステムコントローラ47から、外部の制御装置から指定された情報を記録、再生すべき位置と、4分割光検出器62、64によって検出された実際のプローブ4の位置を比較する。この比較結果を基に、位置決めアクチュエータ49（もし取り付けられていればアクチュエータ51も）を駆動し、プローブ4をディスク上の所定のトラックに位置決めする。このとき、対

14

物レンズ7は、レーザ光の焦点位置とプローブ4の位置が、光軸方向、および光軸と垂直な平面内でかつディスクの周方向にずれないよう、アクチュエータ59でサーボされながら、かつ、図12には陽には記載されていないが、可動部54全体をディスクの半径方向に移動させるアクチュエータにより、プローブを搭載したスライダ1に追従して移動させられる。スライダ1および可動部54は極めて軽量であり、このためシークに要する時間を、通常の磁気ディスク装置並みに短くすることができる。

【0041】図14は、本発明の他の実施例を示す図である。図14(a)は、対物レンズ76が、スライダ1上に集積された例である。レンズ76としては、通常の曲面形状のレンズの他、フレネルレンズなどの回折格子を応用したレンズを用いることができる。図14

(b)は、対物レンズ78の他、半導体レーザ77、光検出器79がスライダ1上に搭載された例である。この場合、対物レンズ78としてフレネルレンズなど回折格子を用いた平面レンズを、半導体レーザとしては面発光レーザを用いると、装置が非常に小型になる。図14

(b)の例では、レーザ光の焦点とプローブ4の相互の位置合わせは全く不要となり、図11、図12に記載された光ヘッド部53、54は不要となる。このような構成にすれば、装置構成は、現状の磁気ディスク装置と全く同様の構成となり、極めて薄型、小型の光記録再生装置を構成できる。

【0042】図15は、本は発明のさらに他の実施例を示す図である。これまでの例では、情報の検出を、プローブからの反射光を用いて行う例を示したが、図15  
30 30は、ディスクからの透過光を用いる例を示している。情報12からの再生信号は、対物レンズ80により検出器82上に集光される。光記録媒体11として光磁気記録媒体を用いる場合は、さらに検出器82の前に、透過光の偏光方向を制御する素子81を挿入し、検出を行う。

【0043】以上においては、スライダ1の底面に3つのパッドが設けられ、そのうちの一つのパッド2は、4つに分割されており、その中央に近接場光発生用の四角錐形のプローブ4が設けられている例を説明してきたが。図16のように、さらに簡単な構成とすることも可能である。図16(a)において、スライダ1の底面に3つのパッド2が設けられている。そのうちのひとつのパッドの内側に近接して、近接場光発生用の四角錐形のプローブ4が設けられている。プローブ4としては、図2から図6に示されたいずれの形状のプローブを用いることが可能である。また、図16では、図1に対応する浮上型のスライダの例を示したが、図7の接触型スライダを用いることも可能である。図16(b)においては、図8のごとく、近接場光発生用のプローブ4が近接して設置されたパッド83と近接場光発生用のプローブ4がひとつ共通の土台上84に形成され、パッド83の高さ

40 40 50 50

15

は、ほかのパッドパッド3のスライダ底面からの高さより小さく設計されている例である。これらの例では、スライダの構造が簡単であり、その作製がより容易になるという利点がある。

## 【0044】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、情報の転送速度を大きくするため、記録媒体と情報を記録再生する光ヘッドの相対速度を大きくすることが可能で、かつ記録媒体と光ヘッドの距離を検出するための付加的な設備が不用の、小型、軽量で簡略な構成の、近接場光ヘッドおよびそれを用いた光記録再生装置を提供することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の近接場光ヘッドの実施例を示す図であり、(a)は斜視図、(b)は断面図。

【図2】近接場光ヘッドで用いられているプローブの一例を表す図であり、(a)、(b)は斜視図、(c)は断面図。

【図3】近接場光ヘッドで用いられているプローブの他の一例を表す斜視図。

【図4】近接場光ヘッドで用いられているプローブの他の一例を表す図であり、(a)、(b)は斜視図、(c)は断面図。

【図5】近接場光ヘッドで用いられているプローブの他の一例を表す斜視図。

【図6】本発明で用いる半導体レーザプローブを表す断面図。

【図7】接触型スライダを用いた本発明の第2の実施例を示す図であり、(a)は斜視図、(b)は断面図。

【図8】本発明の第3の実施例を示す図であり、(a)は斜視図、(b)は断面図。

【図9】図1から図8までに示された種々の近接場光ヘッドの作製工程を示す図。

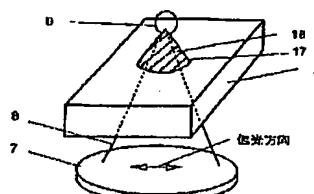
【図10】図5、6の近接場光ヘッドの作製工程を示す図。

【図11】本発明の近接場光ヘッドを応用した光記録再生装置の斜視図。

【図12】図11で用いられる光ヘッド部の詳細を示す\*

【図3】

図3



\*図。

【図13】本発明の光記録再生装置におけるサーボ動作を説明する図。

【図14】本発明の近接場光ヘッドの他の実施例を示す図。

【図15】本発明の光記録再生装置の他の例を示す図。

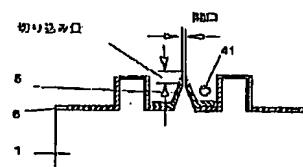
【図16】本発明のスライダーの第4の実施例を示す図。

## 【符号の説明】

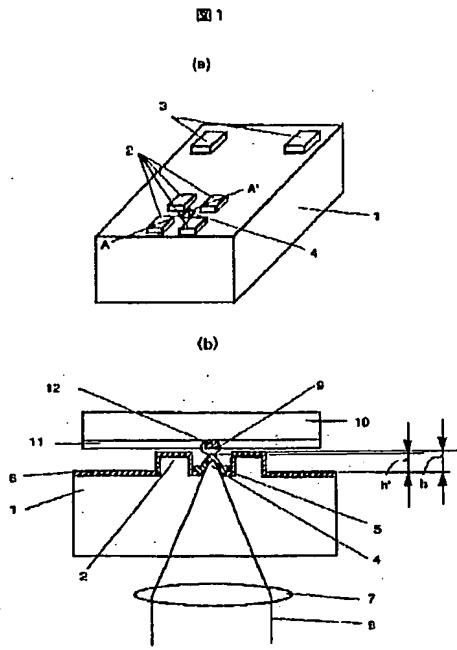
- 1…スライダ、2…パッド、3…パッド、4…プローブ、5…金属薄膜、6…摩耗防止用の薄膜、7…対物レンズ、8…半導体レーザ光、9…近接場光、10…基板、11…記録媒体、12…記録情報、13…プローブ、14…金属薄膜、15…近接場光、16…表面プラズマ波、17…プローブ、18…金属薄膜、19…プローブ、20…遮光膜、21…開口、22…近接場光、23…プローブ、24…遮光膜、25…開口、26…近接場光、27…プローブ、28…遮光膜、29…開口、30…近接場光、31…プローブ、32…遮光膜、33…開口、34…近接場光、35…プローブ、36…遮光膜、37…開口、38…近接場光、39…摩耗防止用薄膜、40…フォトレジスト、41…FIB、42…ベース、43…ディスク、44…軸、45…インターフェース、46…コネクタ、47…システムコントローラ、48…可動部、49…アクチュエータ、50…アーム、51…アクチュエータ、52…サスペンション、53…光学ヘッド、54…光学ヘッド可動部、55…半導体レーザ、56…コリメートレンズ、57…ビームスプリッタ、58…ガルバノミラー、59…2次元アクチュエータ、60…レンズ、61…ビームスプリッタ、62…4分割光検出器、63…シリンドリカルレンズ、64…4分割光検出器、65、66、67、68、69、70、71…情報トラック、72…アドレスマーク、73…ウォブルマーク、74…クロックマーク、75…情報記録部、76…対物レンズ、77…半導体レーザ、78…対物レンズ、79…光検出器、80…対物レンズ、81…偏光制御素子、82…光検出器、83…パッド、84…土台。

【図10】

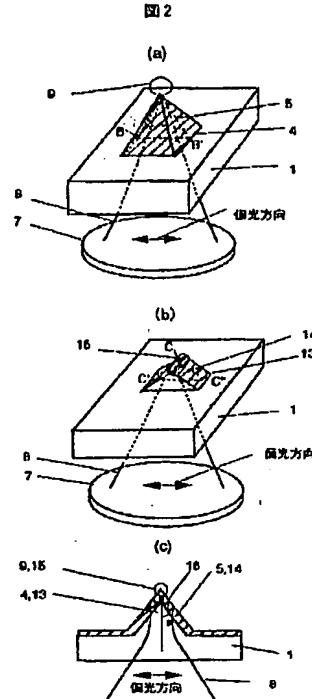
図10



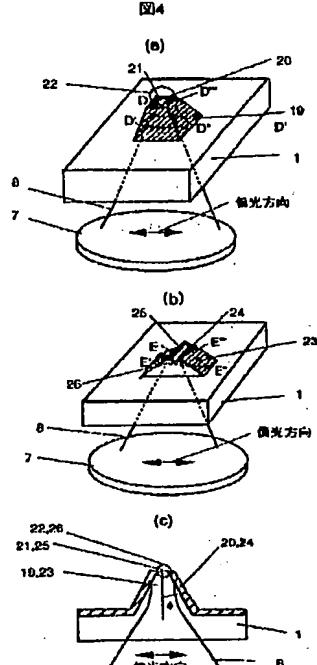
【図 1】



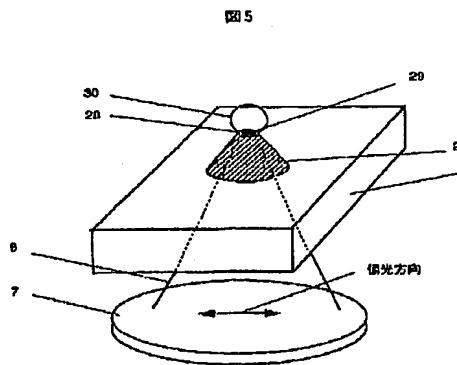
【図2】



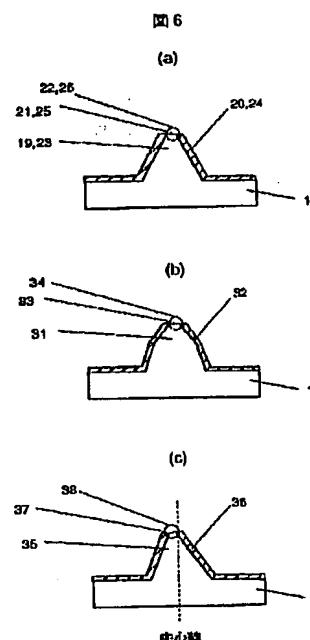
[図4]



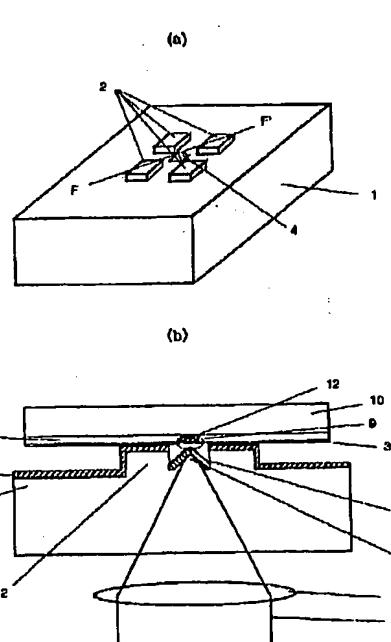
[図5]



[図6]



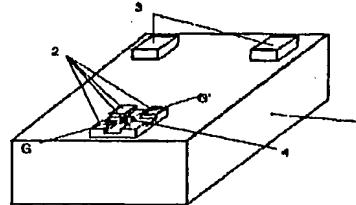
【図7】



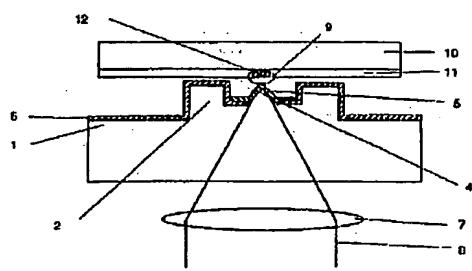
【図8】

図8

(a)



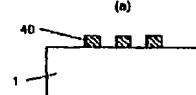
(b)



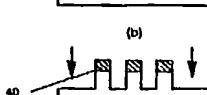
【図9】

図9

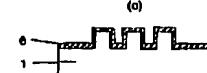
(a)



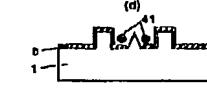
(b)



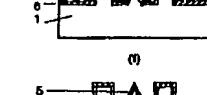
(c)



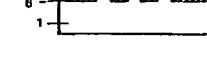
(d)



(e)

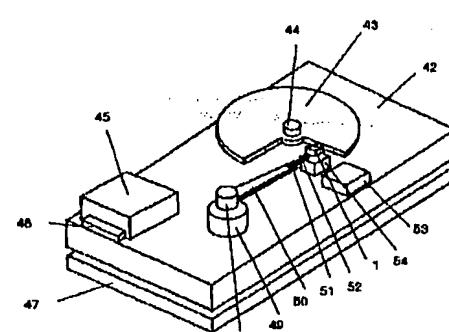


(f)



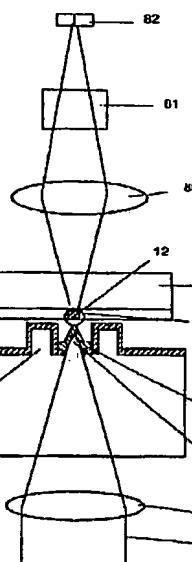
【図11】

図11



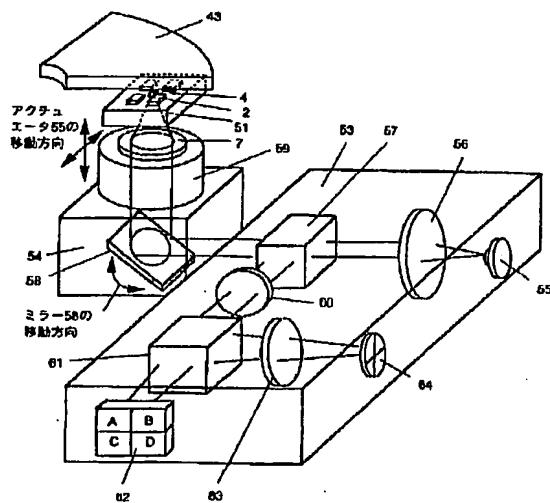
【図15】

図15



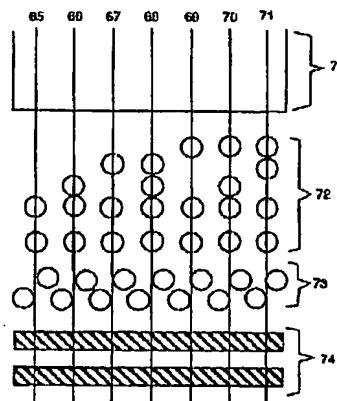
【図12】

図12



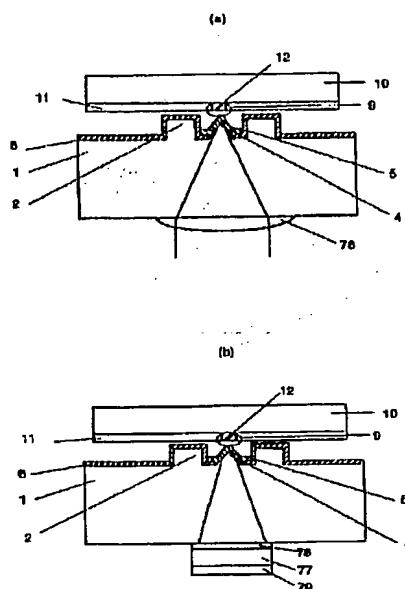
【図13】

図13



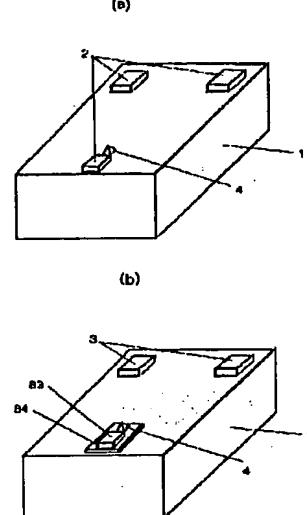
【図14】

図14



【図16】

図16



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. 6  
G 11 B 21/21

識別記号  
101

F I  
G 11 B 21/21  
101 P

(72) 発明者 中村 公夫  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内